

**Відгук
офіційного опонента
на дисертаційну роботу
Чумаченка Дмитра Ігоровича
«Інтелектуальні мультиагентні технології в
епідемічних процесах систем популяційної
динаміки»,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук зі спеціальності
05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту**

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Проблемам дослідження та прогнозування динаміки епідемічних процесів систем популяційної динаміки приділяється багато уваги в усьому світі. Предметно галузь включає в себе дослідження не тільки захворюваності людей, але й розповсюдження шкідливого програмного забезпечення, поведінки користувачів в соціальних мережах, поширення вірусного маркетингу, поведінку фондових ринків, та інших систем, яким характерна епідемічна поведінка. Методи аналізу та дослідження, як сукупність прийомів до вивчення причин, управління епідемічним процесом, тощо, направлені на зниження ризиків та запобіганню виникнення епідемій, зниження рівня епідемічної поведінки. Методи, що існують не враховують специфіку популяцій систем, що досліджуються, тому мають низьку точність та не мають можливості побудування довгострокового прогнозу. До недоліків підходів, що існують, можна також віднести велику складність в дослідженні факторів, що впливають на динаміку епідемічного процесу. Цю проблему можливо вирішити застосуванням інтелектуальних мультиагентних технологій. Актуальність напряму досліджень підтверджується обговоренням у міжнародних наукових колах.

З огляду на це, дисертаційна робота Чумаченка Д.І., що присвячена розробці інтелектуальних мультиагентних технологій в динамічних системах з епідемічним характером, є актуальною як в теоретичному так і в практичному аспекті.

Основний зміст роботи.

У *вступі* обґрутовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У *першому розділі* проаналізовано сучасний стан проблеми інтелектуального імітаційного моделювання систем популяційної динаміки. Проведено аналіз підходів до інтелектуального мультиагентного



моделювання. Виявлено та проаналізовано недоліки існуючих інтелектуальних мультиагентних моделей епідемічного процесу систем популяційної динаміки. На основі проведеного аналізу сформульовано задачу дослідження.

У другому *розділі* формалізовано клас епідемічних процесів популяційної динаміки. Розроблено універсальну інтелектуальну мультиагентну модель епідемічного процесу, що включає базу знань агентів, засновану на використанні теорії ігор, зокрема гри Байеса, пошуку оптимальної за Парето рівноваги Неша. Описано програмну реалізацію розробленої моделі, що зроблена за допомогою мультиагентного середовища NetLogo та мови Prolog. Перевірку моделі на адекватність виконано шляхом порівняння захворюваності на вірусний гепатит В в Харківській області та розрахованого на засадах розробленої інтелектуальної моделі. Запропонований підхід показав дуже високу точність побудови прогнозу динаміки епідемічного процесу, а саме 97,06%.

У третьому *розділі* розглянуто низку перешкод при перевірці імітаційних моделей на достовірність. Для вирішення цієї задачі автором запропоновано застосувати нечіткі лінгвістичні правила, що дозволить врахувати ряд невизначеностей. Розроблену модель досліджено на наявність хаотичної динаміки в сенсі Лі – Йорке. На основі проведеного аналізу визначено, що мінімальна кількість правил в інтелектуальної моделі системи популяційної динаміки типу Такагі – Сугено першого порядку для продукування хаосу дорівнює двом.

Четвертий *розділ* присвячено практичному застосуванню розроблених інтелектуальних моделей та методів в низці прикладних задач. Зокрема, запропоновано інтелектуальну інформаційно-аналітичну систему підтримки-прийняття рішень лікаря-епідеміолога. Розроблені прикладні інтелектуальні моделі впроваджено в установах м. Харкова та перевірено на реальних статистичних даних, що підтверджує коректність роботи універсальної мультиагентної моделі епідемічного процесу.

Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Здобувачем було проаналізовано наявні методи моделювання епідемічних процесів на основі різних підходів. Проведено ретельний аналіз сучасних методів і моделей мультиагентного моделювання динамічних систем з епідемічним характером. Виявлено недоліки підходів, що існують, серед яких виділено неможливість врахування різних типів популяції; нерівномірне переміщення особин популяції по території, що моделюється; неоднорідне розповсюдження епідемічного процесу, тощо. Цей аналіз

дозволив автору обґрунтовано сформулювати науково-практичну задачу та мету роботи.

Слід відзначити, що дисертаційне дослідження Чумаченка Д.І. присвячене вирішенню актуальної науково-практичної задачі розробки інтелектуальних мультиагентних технологій в динамічних системах з епідемічним характером. Розроблені здобувачем методи інтелектуального мультиагентного моделювання епідемічних процесів систем популяційної динаміки обґрунтовані за допомогою аналітичних досліджень, імітаційного моделювання та експериментів на реальних прикладних задачах.

Достовірність одержаних результатів.

Достовірність викладених в дисертаційній роботі основних наукових положень, результатів і висновків, зроблених здобувачем, забезпечується коректними постановками задач, що вирішуються у роботі, та їх подальшим аналізом, висновки якого узгоджуються з одержаними практичними результатами. Достовірність отриманих результатів підтверджується також належною апробацією на міжнародних та всеукраїнських конференціях та впровадженням результатів дисертаційної роботи. Застосування всіх наукових результатів роботи в реальних задачах ґрунтуються на детальному аналізі суті кожної предметної галузі, що забезпечує коректність висновків про практичну ефективність розроблених методів та алгоритмів.

Наукова новизна результатів дослідження.

Можна стверджувати, що отримані здобувачем основні результати дослідження містять конкретні ознаки наукової новизни. А саме:

1. Вперше розроблено імітаційну мультиагентну модель популяційної динаміки, засновану на інтелектуальних раціональних агентах, що функціонують в умовах логічної невизначеності, яка на відміну від існуючих, враховує знання агентів в заданих умовах, що дозволяє одержати довгостроковий прогноз динамічної системи.

2. Вперше одержано математичний опис моделі для формалізації класу епідемічних процесів популяційної динаміки, заснований на факторах та характеристиках, що впливають на динаміку популяції, який на відміну від існуючих, поширюється на нові галузі знань, що дозволяє розробити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень для прогнозування розповсюдження епідемічного процесу в системах популяційної динаміки та своєчасного проведення.

3. Удосконалено метод ідентифікації об'єктів інтелектуальної мультиагентної системи, заснований на частковій спостережуваності простору станів, який, на відміну від існуючих методів, використовує

адаптований алгоритм редукції можливих станів для довільної кількості агентів, що дозволяє збільшити адекватність моделі популяційної динаміки.

4. Дістав подальший розвиток метод інтелектуального аналізу популяційної динаміки, заснований на нечітких рекурентних моделях, який на відміну від існуючих методів використовує нечіткі системи Сугено I типу, що дозволяє оцінити можливість виникнення хаотичної динаміки модельованої системи.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи.

Розроблені в дисертаційній роботі нові методи інтелектуального мультиагентного моделювання епідемічних процесів систем популяційної динаміки дозволяють збільшити адекватність побудованих моделей та отримати довгострокових прогноз динаміки системи. Використання розроблених інтелектуальних мультиагентних моделей та методів нечіткого аналізу систем на наявність хаотичної динаміки дозволило отримати прогнозну захворюваність на вірусний гепатит В, грип та ГРВІ у ДУ «Харківський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я»; виявити фактори, що впливають на захворюваність на вірусний гепатит В у КЗОЗ «Обласна дитяча клінічна лікарня»; дослідити динаміку розповсюдження шкідливого програмного забезпечення типу «комп'ютерний хробак» у ТОВ «Протектмастер Солюшнс»; та побудувати довгостроковий прогноз захворюваності на ВІЛ-інфекцію у КЗОЗ «Обласний спеціалізований будинок дитини «Зелений Гай».

Також наукові результати, пов'язані з застосуванням розроблених інтелектуальних мультиагентних технологій впроваджені у навчальний процес кафедри інформатики Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» та кафедри епідеміології Харківського національного медичного університету.

Усі впровадження підтверджено відповідними актами.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація відповідає тематичній спрямованості наукових розробок, що здійснювались у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» та Харківському національному медичному університеті у рамках п'яти науково-дослідних робіт, які виконувалися згідно наказів Міністерства освіти і науки України за результатами конкурсного відбору проектів наукових досліджень, у напрямках інтелектуального моделювання, інтелектуального аналізу даних та дослідження епідемічних процесів.

Повнота викладення основних результатів у наукових виданнях та аprobaciя.

Основні результати дисертації всебічно викладені у 30 наукових роботах, з яких 1 монографія, 9 статей (5 статей входять до міжнародних наукометричних баз, зокрема Index Copernicus, BazTech та CrossRef), 12 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях, 1 патент на корисну модель, 1 інформаційний лист про нововведення в сфері охорони здоров'я, 6 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір.

Робота пройшла вагому аprobaciю. Матеріали дисертації доповідалися і обговорювалися на 12 міжнародних та всеукраїнських конференціях, серед яких 7 за кордоном, а саме на 13th, 19th та 20th East West Fuzzy Colloquium «Zittau Fuzzy Colloquium» (м. Циттау, Німеччина), 59th American Society of Tropical Medicine & Hygiene Annual Meeting (м. Атланта, США), ISDS Annual Conference “Expanding Collaborations to Chart a New Course in Public Health Surveillance” (м. Сан-Дієго, США), ISDS Annual Conference “Challenges and Solutions for the Road Ahead” (м. Філадельфія, США), ISDS Annual Conference “New Frontiers in Surveillance: Data Science and Health Security” (м. Атланта, США).

Відповідність дисертації встановленим вимогам.

За результатом загального аналізу, дисертаційна робота є завершеним і цілісним дослідженням, її матеріал чітко структуровано і логічно викладено.

Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам до кандидатських дисертацій згідно з пп. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова КМУ №567 від 24 липня 2013 р.) зі змінами і доповненнями (Постановою КМУ №656 від 19 серпня 2015 р.), а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Стиль викладення досліджень, наукових положень, результатів імітаційного моделювання забезпечує доступність сприйняття дисертаційної роботи.

Відповідність змісту автoreферату основним положенням дисертації.

Зміст автoreферату розкриває зміст основних положень дисертації, автoreферат адекватно і лаконічно відображає одержані результати. Оформлення автoreферату за обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам.

Зауваження по дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота має такі недоліки:

1. Опис розробленої універсальної інтелектуальної мультиагентної моделі епідемічного процесу, що наведено в розділі 2, передбачає поділ навколошнього середовища на три типи, а саме: «Домашня область», «Область ризику» та «Область Лікарня». З дисертації не зрозуміло, чи можуть перетинатися «Область ризику» з «Областю Лікарня», тому що захворюваність може розповсюджуватися і в «Області Лікарня», зокрема як це показано в додатках І, К та Л.

2. Рис. 2.1 не повністю відповідає опису цього рисунку за текстом, оскільки випадок смерті агента внаслідок захворювання на ньому відсутній, в той час як цей зв'язок може бути надзвичайно важливим з точки зору аналізу. Також за текстом цього розділу зрозуміло, що модель є дієздатною за умов наявності значної кількості початкових даних, наприклад, ймовірності передачі захворювання, ймовірності виявлення захворювання тощо. Але залишається незрозумілим, чи є ці значення відомими та завадостійкими.

3. Підрозділ 3.2 містить огляд літератури моделей та методів моделювання епідемічних процесів на засадах нечітких лінгвістичних правил, що існують, що більш доцільно було б навести в першому розділі дисертаційної роботи. Те саме можна також зауважити щодо підрозділу 4.1, а також окремих підрозділів розділу 2, наприклад, саме в ньому повно розглянуто поняття «агенту» та механізми взаємодії агентів між собою та середовищем, що логічно було б очікувати в першому розділі.

4. Розділ 4 присвячено розробці та опису прикладних систем, що допомагають аналізувати глобальні проблеми розповсюдження захворюваності на ВІЛ-інфекцію, грип, дифтерію, тощо. В роботі відсутні посилання на досягнення будь-яких інших вчених в цих галузях, що не дає можливості оцінити значущість результатів, досягнутих здобувачем. Незрозумілим також залишається те, чи використовують взагалі, наприклад, мультиагентні підходи для розв'язання подібних задач.

5. На рисунку 2.4 у двох графіках динаміки епідемічного процесу здобувач використовує різні масштаби по осі абсцис, що робить їх порівняння один з одним неочевидним. Також є інші недоліки в оформленні роботи, наприклад, виникають питання щодо коректності рис. 3.1 та наявності значної кількості формул, що описують динаміку моделей, що розглядаються, в яких немає суттєвої потреби за текстом дисертаційної роботи.

Але, незважаючи на вказані недоліки, здійснені в дисертаційній роботі дослідження є новими, корисними та змістовними.

Загальні висновки по дисертаційній роботі.

Тема і зміст дисертаційної роботи Чумаченка Д.І. відповідають паспорту спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту, зокрема п. 3, п. 11 та п. 12. Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням і містить нові науково-обґрунтовані результати, що є суттєвим внеском у галузі інтелектуального моделювання.

Автореферат оформленний згідно з діючими вимогами, що висуваються до кандидатських дисертацій, повністю розкриває сутність дисертації та описує одержані результати та висновки дисертаційної роботи.

Дисертація відповідає вимогам п. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567, а її автор, Чумаченко Дмитро Ігорович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент:

Доцент кафедри інформатики
та комп’ютерної техніки
Харківського національного економічного
університету імені Семена Кузнеця,
кандидат технічних наук, доцент

О.В. Гороховатський



9